

Super-szybkie reakcje w żelach

Żele są to ciała stałe zbudowane z trójwymiarowej sieci wypełnionej cieczą, np. wodą. W tej cieczy mogą zostać rozpuszczone inne substancje, mogące ulegać reakcjom chemicznym. Przebieg tych reakcji, zależy z kolei od tego jak szybko związki chemiczne mogą się poruszać – „dyfundować”. Dość dobrze wiemy już jak to „poruszanie się” wpływa na szybkość reakcji w prostych cieczach typu czysta woda. Niezbyt wiele, natomiast, jaki ma wpływ na reakcję w ośrodkach takich jak żel. A żele są przecież ważne! Przykładowo, macierz pozakomórkowa, która łączy pojedyncze komórki tworząc z nich tkankę jest żelem. To znaczy, że wymiana informacji pomiędzy komórkami, a jest to proces polegający na dyfuzji związków chemicznych, odbywa się za pośrednictwem żelu. Co więcej, dostarczanie leku do komórek, obejmuje jego dyfuzję poprzez tę „żelową” strukturę. Lepsze zrozumienie przebiegu reakcji chemicznych w takich ośrodkach jest więc, istotne dla poprawy skuteczności leczenia farmakologicznego. Wiedza, którą pragniemy zdobyć w trakcie projektu może też być ważna z punktu widzenia procesów technologicznych, z których wiele stara się odwzorowywać naturę. Żele są stosowane m.in. w urządzeniach służących do wykrywania związków chemicznych, w analizie struktury białek, przechowywaniu energii, pobieraniu energii słonecznej. Wiele z tych zastosowań związana jest z reakcjami chemicznymi lub procesami dyfuzyjnymi w środowisku żelowym.

Dobrym sposobem na zbadanie przebiegu takich reakcji, jest ich uruchamianie za pomocą światła. To tak, jakby włączyć stoper i patrzeć ile czasu zajmie pojawienie się lub zniknięcie określonych związków chemicznych. Mierząc emitowanie lub pochłanianie światła przez te związki chemiczne możemy bardzo precyzyjnie wyznaczyć informację o szybkości reakcji, nazywaną „kinetyką reakcji”. Dyfuzja wpływa na kinetykę, a właściwości środowiska wpływają na dyfuzję. Kluczową właściwością jest tu lepkość cieczy, ale istotne jest również to, ile dostępnego miejsca do poruszania się mają reagujące związki chemiczne. Żele modyfikują zarówno lepkość, jak i dostępne miejsca w cieczach, które zawierają. Wiadomo, że lepkość wody w ograniczonej przestrzeni jest wyższa od lepkości czystej wody. Ponadto, przestrzeń dostępna cząsteczkom obecnym w żelu jest ograniczona.

Z grubsza wiemy co dzieje się w długim okresie czasu: reakcje chemiczne są zwykle spowolnione w żelach względem czystych cieczy. Jednak w krótkim okresie czasu, po rozpoczęciu reakcji, sprawy mogą prezentować się odmiennie. W naszym laboratorium w Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk dysponujemy technikami badawczymi pozwalającymi włączyć „stoper” reakcji chemicznej o bardzo dużej dokładności. Możemy badać reakcje przebiegające w czasie szybszym niż 100 femtosekund. (femtosekunda to 1 sekunda podzielona przez 1000 000 000 000 000) i jest to skala czasu w której przebiega większość najbardziej fundamentalnych ruchów cząsteczek. Dysponując taką techniką, możemy poznać większość szczegółów dotyczących reakcji chemicznych. Można sobie wyobrazić, że ograniczona przestrzeń dla ruchów cząsteczkowych w żelach spowoduje, że reagujące cząsteczki znajdą się bliżej siebie. Oznacza to, że w krótkim okresie czasu reakcja może przebiegać w nich nawet szybciej, niż w rozcieńczonych roztworach. Chociaż, taki efekt przestanie być obecny w długich okresach czasu, będzie wpływał na całkowitą wydajność reakcji. Kolejnym istotnym efektem spowodowanym ograniczoną przestrzenią, może być brak możliwości odseparowania się produktów pierwszej reakcji chemicznej, co może doprowadzić do kolejnej reakcji pomiędzy produktami i powstawanie nieoczekiwanych związków chemicznych.

W przypadku sukcesu tego projektu, będziemy potrafili dostarczyć fizyko-chemicznego opisu reakcji chemicznych w żelach, co pomoże lepiej projektować metody dostarczania leków, bio-medyczne techniki analityczne, a nawet baterie słoneczne. Można sobie również wyobrazić wytwarzania „inteligentnych” materiałów opartych o żele, dzięki właściwej kontroli przebiegających w nich reakcji foto-chemicznych. Niektórzy badacze testują również możliwości przechowywania informacji w tego typu materiałach; zapisywanie i odczytywanie informacji z reakcji chemicznych stanowi interesującą możliwość.